

PROGRAMA DE CURSO

Código	Nombre			
EL 7052	Modelamiento y control de sistemas de potencia			
Nombre en Inglés				
Modelling and control of power systems				
SCT	Unidades Docentes	Horas de Cátedra	Horas docencia auxiliar	Horas de trabajo personal
6	10	4	1	5
Requisitos			Carácter del curso	
EL4103 - Sistemas de Energía y Equipos Eléctricos			Electivo de la línea de especialización de Sistemas de Energía	
Competencias a las que tributa el curso				
Competencias específicas				
<p>CE1 Formular, analizar, simular y usar modelos físico-matemáticos que caractericen sistemas dinámicos y fuentes de incertidumbre.</p> <p>CE2 Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.</p> <p>CE3 Analizar, usar experimentos e interpretar sus resultados para la verificación y validación de desarrollos tecnológicos.</p> <p>CE5 Resolver problemas y optimizar soluciones en el ámbito de la Ingeniería Eléctrica utilizando conceptos, enfoques y metodologías apropiadas.</p>				
Competencias genéricas:				
<p>CG1 Leer, escribir e interactuar en español, en diferentes contextos científicos y profesionales, utilizando un amplio repertorio de recursos lingüísticos y no lingüísticos con criterio de precisión, claridad, coherencia y cohesión idiomática.</p> <p>CG2 Comunicar ideas y resultados de trabajos en un contexto de inglés general, de forma escrita y oral, con suficiencia certificada bajo los estándares de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.</p>				
Propósito del curso				
<p>Este curso “Modelamiento y control de sistemas eléctricos de potencia”, tiene como propósito que el estudiante desarrolle, analice e implemente modelos dinámicos de diferentes equipos eléctricos que componen un sistema de potencia con la finalidad de realizar estudios sistémicos de estabilidad. Para ello se estudian e investigan los principales componentes de un sistema eléctrico, entre los que destacan: generadores sincrónicos, máquinas de inducción, líneas de transmisión, transformadores, parques eólicos de velocidad variable, centrales fotovoltaicas, así como los sistemas de control de planta pertinentes. Cada modelo se estudia considerando diferentes niveles de detalles y su impacto en los resultados de las simulaciones dinámicas. El enfoque del curso se encuentra en cómo modelar los sistemas eléctricos actuales, caracterizados por grandes cambios debido al aumento en los niveles de penetración de centrales de generación en base a energías renovables no convencionales conectadas al sistema a través de convertidores de potencia.</p>				
Los alumnos deberán aplicar conocimientos de programación y control para evaluar el desempeño				

dinámico de un sistema de potencia durante pequeñas y grandes perturbaciones. Las clases se basarán en cátedras y laboratorios computacionales. En las cátedras se estudiarán los aspectos teóricos relacionados con los componentes de las redes eléctricas y sus sistemas de control, mientras que en los laboratorios se implementarán los modelos estudiados en diferentes programas para realizar simulaciones dinámicas. Finalmente es importante destacar que parte importante del curso se enfoca en investigar temas de punta relacionados con cada una de las temáticas del curso.

Resultados de aprendizaje

RA1. Comprender la naturaleza dinámica de los sistemas eléctricos de potencia, los problemas de estabilidad asociados, así como las necesidades de control existentes para una correcta operación de los SEP.

RA2. Desarrollar modelos dinámicos de las diferentes componentes de un sistema de potencia para su análisis temporal. Entre las componentes a estudiar se incluyen cargas, turbinas, generadores sincrónicos y de inducción, líneas de transmisión, transformadores, turbinas eólicas, paneles fotovoltaicos, convertidores, SVC y baterías.

RA3. Desarrollar los diferentes esquemas de control asociados a centrales de generación convencional, parques eólicos de velocidad variable y centrales fotovoltaicas. Para el caso de centrales convencionales se incluyen reguladores de velocidad, sistema de excitación, regulación de voltaje, PSS. Para el caso de centrales conectadas a la red vía convertidores se incluyen los esquemas de control necesarios en ejes d-q para los convertidores de potencia.

RA4. Desarrollar esquemas de control novedosos para parques eólicos y fotovoltaicos.

RA5. Conocer y aplicar métodos de simulación temporal para obtener el desempeño dinámico de los sistemas eléctricos de potencia frente a pequeñas y grandes perturbaciones.

RA6. Comprender los efectos de diferentes esquemas de control en la respuesta dinámica de los sistemas de potencia.

Metodología docente	Evaluación general
<p>La metodología de trabajo incluye una clase teórica expositiva-participativa y una clase práctica (laboratorio) a la semana donde los alumnos aplican los conocimientos teóricos aprendidos.</p> <p>El aprendizaje del curso se complementa con tareas y un trabajo de investigación grupal.</p>	<p>La evaluación de los alumnos se realizará en base a las siguientes notas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nota de 1 control • Nota de 4 tareas • Nota de 1 trabajo de investigación • Nota del laboratorio

Unidades Temáticas

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1	Dinámica de los sistemas eléctricos de potencia (SEP)	1
Contenidos		Resultado de aprendizaje de la unidad	Referencias a la bibliografía
a) Introducción al modelamiento dinámico de los SEP b) Clasificación de estabilidad en los SEP c) Problemas dinámicos relevantes en los SEP d) Necesidades de control en los SEP		Al final de la unidad se espera que el estudiante 1) comprenda la naturaleza dinámica de los SEP y los problemas de estabilidad asociados y 2) comprenda las necesidades de control en SEP para una correcta operación del sistema.	BB: [1, Cap. 1, 8, 15] BC: [3, Cap. 1-2] [7, Cap.2], [9]

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA2	Modelamiento dinámico de elementos de un sistema de potencia	6
Contenidos		Resultado de aprendizaje de la unidad	Referencias a la bibliografía
a) Descripción y modelamiento de consumos eléctricos. b) Descripción y modelamiento de turbinas. c) Descripción y modelamiento de generadores sincrónicos y de inducción. d) Descripción y modelamiento de transformadores y líneas de transmisión. e) Descripción y modelamiento de turbinas eólicas de velocidad variable. f) Descripción y modelamiento de paneles fotovoltaicos.		Al final de la unidad se espera que el estudiante comprenda y desarrolle modelos dinámicos de los diferentes elementos de los SEP que son necesarios para analizar su operación en el tiempo tanto en régimen permanente como durante contingencias.	BB: [1, Cap. 2-4], [2, Cap. 2, 7-9] BC: [3, Cap. 3-7,11] [6, Cap.8], [7, Cap. 5,8-10], [14, Cap. 3-6]

g) Descripción y modelamiento de convertidores, SVC y baterías.		
---	--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA3	Esquemas de control para centrales de generación convencional y renovables	4
Contenidos		Resultado de aprendizaje de la unidad	Referencias a la bibliografía
a) Descripción y desarrollo de esquemas de control asociados a centrales convencionales incluyendo reguladores de velocidad, sistemas de excitación, control de voltaje y PSS. b) Descripción y desarrollo de esquemas de control para convertidores de potencia en parques eólicos de velocidad variable. c) Descripción y desarrollo de esquemas de control para inversores en centrales fotovoltaicas.		Al final de la unidad se espera que el estudiante sea capaz de desarrollar diferentes esquemas de control asociados a centrales de generación convencional, así como a parques eólicos de velocidad variable y centrales fotovoltaicas.	BB: [2, Cap. 8-9] BC: [3, Cap. 9,11-12], [7, Cap.8], [5, Cap.10, 12]

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA4	Esquemas de control novedosos en parques eólicos y fotovoltaicos	2
Contenidos		Resultado de aprendizaje de la unidad	Referencias a la bibliografía
a) Descripción y desarrollo de esquemas de control para respuesta inercial virtual. b) Descripción y desarrollo de esquemas de control para regulación primaria de frecuencia. c) Descripción y desarrollo de esquemas de control		Al final de la unidad se espera que el estudiante sea capaz de desarrollar esquemas de control novedosos para parques eólicos y centrales fotovoltaicas de forma de apoyar la operación de los SEP tanto en operación normal como durante contingencias.	BB: [1, Cap. 4] BC: [5, Cap. 7,10]

<p>para capacidad de fault ride through.</p> <p>d) Descripción y desarrollo de esquemas de control para inyección de corrientes reactivas durante contingencias.</p>		
--	--	--

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA5, RA6	Análisis dinámico de los SEP	2
Contenidos		Resultado de aprendizaje de la unidad	Referencias a la bibliografía
<p>a) Estudios dinámicos en SEP reales.</p> <p>b) Herramientas de análisis del desempeño dinámico de los SEP.</p> <p>c) Introducción a métodos de integración para la obtención de la respuesta temporal de los SEP.</p> <p>d) Interacción de modelos dinámicos de diferentes componentes de los SEP.</p> <p>e) Efectos de la sintonización de los esquemas de control en la respuesta dinámica de los SEP.</p>		<p>Al final de la unidad se espera que el estudiante sea capaz de analizar la operación de los SEP durante contingencias con distintas herramientas existentes para el análisis temporal de SEP y que entienda el efecto que tienen diferentes esquemas de control en el desempeño dinámico del mismo.</p>	<p>BB: [1, Cap. 8-11]</p> <p>BC: [3, Cap. 12-14] [7, Cap. 2-3] [10, Cap. 6-8] [11, Cap. 3-4,7-8]</p>

Bibliografía General
<p>Bibliografía básica (BB)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. M. Eremia and M. Shahidehpour, "Handbook of Electrical Power System Dynamics", Wiley-IEEE Press, 2013. 2. W. Bin, L. Yongqiang, K. Samir, and Z. Navid, "Power Conversion and Control of Wind Energy Systems", Wiley-IEEE Press, 2011. <p>Bibliografía complementaria (BC)</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. P. Kundur, "Power System Stability and Control", McGraw-Hill, 1994. 4. T. Ackermann, "Wind Power in Power Systems", Second edi. Wiley, 2012. 5. R. Teodorescu, M. Liserre, and P. Rodriguez, "Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems", Wiley-IEEE Press, 2011. 6. A. Yazdani and R. Iravani, "Voltage-Sourced Converters in Power Systems", Wiley-IEEE Press, 2010. 7. J. A. Martinez-Velasco, "Transient Analysis of Power Systems Solution Techniques, Tools and Applications", Wiley-IEEE Press, 2015.

8. T. Cutsem and C. Vournas, "Voltage Stability of Electric Power Systems", Springer, 1998.
9. "Definition and classification of power system stability," IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions, IEEE Transactions on Power Systems, vol. 19, no. 3. pp. 1387–1401, 2004.
10. J. Arrillaga and B. Smith, "AC-DC Power System Analysis", The Institution of Engineering and Technology, 1998.
11. F. E. Cellier and E. Kofman, "Continuous System Simulation", Springer, 2006.
12. J. Machowski, J. W. Bialek, and J. R. Bumby, "Power System Dynamics Stability and Control", Second edi. Wiley, 2008.
13. P. W. Sauer, M. A. Pai, and J. H. Chow, "Power System Dynamics and Stability: with Synchronphasor Measurement and Power System Toolbox", Wiley-IEEE Press, 2018.
14. P. Krause, O. Wasynczuk, S. Sudhoff, and Steven Pekarek, "Analysis of Electric Machinery and Drive Systems", Third edit. Wiley-IEEE Press, 2013

Vigencia desde:	Año académico 2018
Elaborado por:	Claudia Rahmann